

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(2)

(11)Publication number : 2002-077244

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

H04L 12/56

H04L 29/14

(21)Application number : 2000-254129

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 24.08.2000

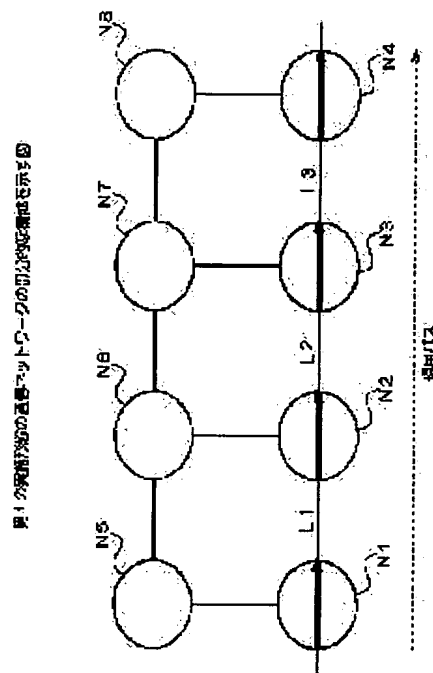
(72)Inventor : FUJII TAIKI
MIYAZAKI KEIJI

(54) SYSTEM FOR RESTORING FAILURE OF COMMUNICATION NETWORK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system for restoring failure of a communication network, having light load processing at switching of a communication path in which failures are generated to a by-pass path, and quickly performing the switching processing.

SOLUTION: At detecting of the failure of a communication path, a node N3 generates a message for failure restoration specifying a link L2 as the defective part and performs the flooding of the message to adjacent nodes N7 and N4. The respective nodes, which receive the message judge as to whether their own nodes are included in the by-pass path, which corresponds to the link L2. If they are included, the respective nodes perform the setting of the by-pass paths at their own nodes and performs the flooding of the message to the other adjacent nodes. Thus, the setting of the by-pass path can be performed in link units, at respective nodes which receive the message.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-77244

(P2002-77244A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 4 L 12/56
29/14

識別記号

F I

H 0 4 L 11/20
13/00

テーマコード* (参考)

1 0 2 D 5 K 0 3 0
3 1 1 5 K 0 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-254129 (P2000-254129)

(22) 出願日 平成12年8月24日 (2000.8.24)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 藤井 泰希

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 宮▲崎▼ 啓二

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100103171

弁理士 雨貝 正彦

Fターム (参考) 5K030 LB08 MB01 MD02

5K035 DD01 JJ02 LL18 MM03 MM05

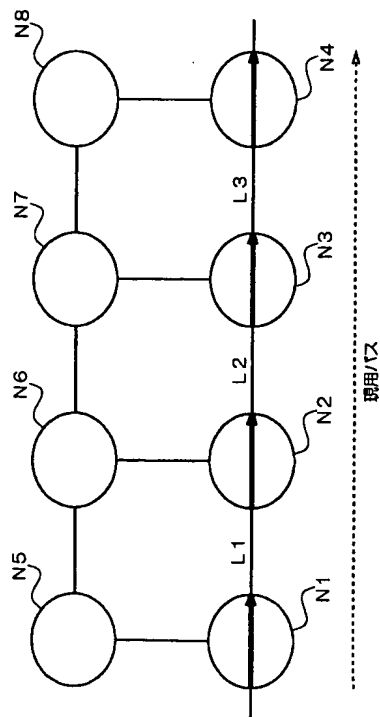
(54) 【発明の名称】 通信ネットワークの障害復旧方式

(57) 【要約】

【課題】 障害が発生した通信パスを迂回パスに切り替える際の処理の負担が軽く、この切替処理を高速に行うことができる通信ネットワークの障害復旧方式を提供すること。

【解決手段】 ノードN3は、通信パスの障害を検出すると、この障害個所としてリンクL2を特定した障害復旧用のメッセージを生成し、隣接ノードN7、N4にフラディングする。このメッセージを受信した各ノードは、自ノードがリンクL2に対応する迂回パスに含まれているか否かを判定し、含まれている場合には、自ノードにおける迂回パスの設定を行うとともに、このメッセージを他の隣接ノードにフラディングする。このようにして、メッセージを受信した各ノードにおいて、リンク単位で迂回パスへの設定が行われる。

第1の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 リンクを介して接続された複数のノードが含まれる通信ネットワークの障害復旧方式において、前記複数のノードのそれぞれは、通信パスの障害を検出したときに、障害個所を特定する情報を含むメッセージを作成して隣接する他のノードに送信するメッセージ作成・送信手段と、前記他のノードから前記メッセージが送られてきたときにこれを受信し、それ以外の前記他のノードに向けてこのメッセージを転送する処理を行うメッセージ転送手段と、前記メッセージ転送手段において前記他のノードから受信した前記メッセージに基づいて障害個所が特定されたときに、この障害個所に対応する迂回パスに自ノードが含まれるか否かを判定し、含まれる場合には前記迂回パスを有効にする迂回パス設定手段と、を備えることを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記迂回パス設定手段は、自ノードが前記迂回パスの中継ノードである場合には、前記メッセージ転送手段によって前記メッセージを受信したときに、障害が発生した前記通信パスが含まれる前記リンクに対応した前記迂回パスを有効にする処理を行い、自ノードが前記迂回パスの終端ノードである場合には、実際に障害が発生した前記通信パスに対応する前記迂回パスを有効にする処理を行うことを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において、一つの前記通信パスに対応して、互いの設定区間が部分的に重複する複数の前記迂回経路が予め用意されていることを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかにおいて、前記メッセージ作成・送信手段は、前記障害個所を特定する情報とともに、障害が発生した前記通信パスの方向を特定する情報を含む前記メッセージを作成し、前記迂回パス設定手段は、受信した前記メッセージに基づいて、障害が発生した前記通信パスの方向を考慮に入れて前記迂回パスを設定することを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれかにおいて、前記迂回パス設定手段は、前記複数のノードとそれらの間のリンクとの関係を示すネットワークトポロジ情報を有しており、前記メッセージ転送手段において前記他のノードから内容が異なる複数の前記メッセージ情報を受信したときに、前記ネットワークトポロジ情報に基づいてノード障害の有無を判定することを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、通信パスに障害が発生したときに、この通信パスを迂回パスに切り替えて障害を復旧させる障害復旧方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年の通信パスの高信頼化の要求に伴って、通信パスに障害が発生した際に、できるだけ早く障害を復旧させることが求められており、様々な障害復旧方式が検討されている。例えば、従来の障害復旧方式は、集中型と分散型に大別される。「集中型」は、通信ネットワーク内に設けられた所定の管理センタ等において通信パスの障害情報を収集し、障害が発生した通信パスを迂回パスに切り替えることができる。また、「分散型」は、通信ネットワークに含まれる各ノード間で障害情報を送受信することにより、管理センタ等を用いることなく、障害が発生した通信パスを迂回パスに切り替えることができる。さらに、分散型の障害復旧方式では、障害が発生した際に切り替え対象となる迂回パスを障害発生時の都度探索して設定する方式と、あらかじめ障害の発生個所に対応して迂回パスを設定しておく方式とがある。あらかじめ迂回パスを設定しておく後者の方式をブリザン型と称する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、分散型の障害復旧方式では、通信パスに障害が生じたときに、障害個所の下流に位置するノードから他のノードに障害情報が送られて、代わりの迂回パスが設定される。このため、複数の通信パスに同時に障害が発生すると、障害が発生した通信パス毎に障害情報の送受信が行われることになり、各ノードにおける処理の負担が重く、しかも、通信パス一つ一つについて迂回パスが設定されて障害復旧処理が行われるため迂回パスへの切替処理に時間がかかるという問題があった。

【0004】 例えば、複数本の光ファイバによってリンクが構成されており、各光ファイバによって数百本の通信パスが設定されているものとする、リンクに切断等の障害が発生すると、各光ファイバに含まれる全ての通信パスを別の迂回パスに切り替える必要が生じる。このような場合に、各通信パスについて個別に迂回パスの切り替えを行っていたため、この切替処理を行う各ノードの処理負担が重く、しかも全ての通信パスを迂回パスに切り替えるために要する時間も長くなる。

【0005】 本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、障害が発生した通信パスを迂回パスに切り替える際の処理の負担が軽く、この切替処理を高速に行うことができる通信ネットワークの障害復旧方式を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上述した課題を解決するために、本発明の通信ネットワークの障害復旧方式は、リンクを介して接続された複数のノードのそれぞれがメ

ッセージ作成・送信手段、メッセージ転送手段、迂回パス設定手段を備えている。メッセージ作成・送信手段は、通信パスの障害を検出したときに、障害箇所を特定する情報を含むメッセージを作成して隣接する他のノードに送信する。メッセージ転送手段は、他のノードからメッセージが送られてきたときにこれを受信し、それ以外の他のノードに向けてこのメッセージを転送する処理を行う。迂回パス設定手段は、メッセージ転送手段において他のノードから受信したメッセージに基づいて障害箇所が特定されたときに、この障害箇所に対応する迂回パスに自ノードが含まれるか否かを判定し、含まれる場合には迂回パスを有効にする。各ノードは、他のノードから送られてくるメッセージに含まれる障害箇所情報によって、自ノードが迂回パスに含まれているか否かを判定し、含まれている場合にはこの迂回パスを有効にする処理を行っている。したがって、いずれかのリンクに発生した障害が検出されたときに、リンク単位で迂回パスの設定が行われるため、通信パス毎に障害検出や迂回パスの設定を行う場合に比べて、障害が発生したリンクに含まれる通信パスを迂回パスに切り替える際の各ノードの処理の負担が軽く、しかも障害復旧処理を高速に行うことができる。

【0007】上述したメッセージ転送手段は、同一の障害箇所に対応するメッセージを重複して受信したか否かを判定し、重複している場合には、メッセージを転送する処理を行わないことが望ましい。メッセージを隣接する他のノードに順番に転送すると、ループを形成する通信ネットワークでは同じメッセージを何度も受信することになるため、最初のメッセージに対応して障害復旧処理を行うようにすることで、不要な処理を重複して行う無駄を省くことができる。

【0008】また、上述した迂回パス設定手段は、自ノードが迂回パスの中継ノードである場合には、メッセージ転送手段によってメッセージを受信したときに、障害が発生した通信パスが含まれるリンクに対応した迂回パスを有効にする処理を行い、自ノードが迂回パスの終端ノードである場合には、実際に障害が発生した通信パスに対応する迂回パスのみを有効にする処理を行うことが望ましい。実際に障害が発生した通信パスのみについて迂回パスへの切り替えが行われるため、それ以外の正常な通信パスを不用意に切り替えることによる信号の瞬断を防止することができる。

【0009】また、一つの通信パスに対応して、互いの設定区間が部分的に重複する複数の迂回経路を予め用意しておくことが望ましい。長い通信パスの全体に対応する迂回パスを設定する場合には、迂回パスの終端のノードにおいてメッセージを受信するまでに長い時間がかかることになるが、短い迂回パスを設定することにより、設定対象となる迂回パスの終端のノードにおいてメッセージを受信するまでの時間を短縮することができる。ま

た、迂回パスを通信パスの一部において部分的に重複させることにより、ノード障害に対処することができる。

【0010】また、上述したメッセージ作成・送信手段によって、障害箇所を特定する情報とともに、障害が発生した通信パスの方向を特定する情報を含むメッセージを作成することが望ましい。この場合に、迂回パス設定手段は、受信したメッセージに基づいて、障害が発生した通信パスの方向を考慮に入れて迂回パスを設定することが望ましい。通信パスの方向を考慮して障害復旧を行うことにより、通信パスの一方向のみについて障害が発生している場合に、実際に障害が発生した通信パスのみを効率よく迂回パスに切り替えることができる。また、通信パスの各方向について別々に迂回パスを対応させることにより、方向を考慮しないで迂回パスへの切り替えを行ったときに生じる不具合を回避することができる。

【0011】また、上述した迂回パス設定手段は、複数のノードとそれらの間のリンクとの関係を示すネットワークトポロジ情報を有しており、メッセージ転送手段において他のノードから内容が異なる複数のメッセージ情報を受信したときに、このネットワークトポロジ情報に基づいてノード障害の有無を判定することが望ましい。ノード障害が発生すると、通信パスの各方向の下流側のノードにおいて異なる障害箇所の検出が行われるが、検出されたこれら複数の障害箇所と、ネットワークトポロジ情報とに基づいて、ノード障害を容易かつ正確に検出することができる。

【0012】また、上述した迂回パス設定手段は、リンク障害に対応する第1の迂回パス切替情報とノード障害に対応する第2の迂回パス切替情報とを有しており、ネットワークトポロジ情報に基づいてノード障害ありと判定したときに、第2の迂回パス切替情報を用いて迂回パスの設定を行い、ノード障害無しと判定したときに、第1の迂回パス切替情報を用いて迂回パスの設定を行うことが望ましい。これにより、リンク障害とノード障害を切り分けて、それぞれに適した迂回パスを設定することができる。

【0013】また、上述した迂回パス設定手段は、メッセージ転送手段において最初のメッセージを受信してから所定時間内に、内容が異なる他のメッセージを受信しない場合にリンク障害が発生したものと判定し、障害が発生したリンクに対応する迂回パスを設定することが望ましい。ノード障害が発生した場合には、内容が異なる複数のメッセージがほぼ同時に送信されるため、迂回パスに沿った各ノードでは、ネットワークの構成に依存した一定時間内にこれらのメッセージを受信することができる。したがって、最初のメッセージを受信したときに、一定時間内に2番目以降のメッセージが送られてこないような場合にはノード障害の発生を考慮する必要がなくなり、各ノードにおける処理の簡略化が可能となる。

【0014】また、通信パスや迂回パスを介して送受信される情報がパスオーバーヘッドを含むフレーム構造を有している場合に、各ノードは、パストレース情報付加手段と成否判定手段を備えることが望ましい。パストレース情報付加手段は、自ノードが迂回パスの送信端である場合に、迂回パスに対応するパストレース用のID情報をパスオーバーヘッドに格納する処理を行う。成否判定手段は、自ノードが迂回パスの中継ノードである場合に、一定時間以内に送信端となるノードからフレームが送られてきたときにパスオーバーヘッドを調べ、ID情報が期待される内容と一致したときに障害復旧成功と判断し、ID情報が期待される内容と一致しないとき、あるいは一定時間以内に、パス送信端となるノードからフレームが送られてこないときに障害復旧失敗と判断する。これにより、障害復旧処理の成否を容易に確認することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した一実施形態の通信ネットワークについて詳細に説明する。

〔第1の実施形態〕図1は、本発明を適用した第1の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。図1に示すように、本実施形態の通信ネットワークは、8個のノードN1～N8を含んで構成されている。例えば、ノードN1、N2の間にリンクL1が、ノードN2、N3の間にリンクL2が、ノードN3、N4の間にリンクL3がそれぞれ設定されており、これらのリンクL1、L2、L3を用いて現用パスが設定されているものとする。

【0016】図2は、図1に示した通信ネットワークに含まれるノードN1の構成を示す図である。なお、他のノードN2～N8も同様の構成を有しており、詳細についてはノードN1を用いて説明を行うものとする。図2に示すように、ノードN1は、入力インタフェース部（入力IF）10、スイッチ部12、スイッチ制御テーブル14、出力インタフェース部（出力IF）16、メッセージ制御部20を含んで構成されている。

【0017】入力インタフェース部10は、1あるいはは複数個備わっており、ノードN1に接続されたリンクを構成する1あるいはは複数本の伝送媒体（例えば光ファイバ）を終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスを介して入力される各種のデータを受信する。スイッチ部12は、入力インタフェース部10側の入力ポートと、出力インタフェース部16側の出力ポートとの間の接続状態を切り替える。例えば、複数の入力ポートと複数の出力ポートのそれぞれには、ノードN1内で重複しないチャンネル番号が割り当てられており、入力ポート側のチャンネル番号と出力ポート側のチャンネル番号の組合せをスイッチ制御テーブル14に格納しておくことにより、スイッチ部12においてこの組合せに応じた通信パスのルーティング処理が行われる。したがって、リンク

や通信パスに障害が発生して迂回パスを設定する場合には、スイッチ制御テーブル14の内容を変更して、スイッチ部12における通信パスの設定状態を切り替えればよい。出力インタフェース部16は、入力インタフェース部10と同様に1あるいはは複数個備わっており、ノードN1に接続されたリンクを構成する1あるいはは複数本の伝送媒体を終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスに各種のデータを出力する。

【0018】メッセージ制御部20は、リンクや通信パスに障害が発生したときに、リンク単位の障害個所情報を含む障害復旧メッセージ（以下、単に「メッセージ」と称する）を作成し、他のノードN2～N8にこのメッセージをフラディング（flooding）により通知する。ここで、フラディングとは、メッセージを受け取ったノードが次々に、このメッセージの送信元となる隣接ノード以外の他の全ての隣接ノードに対してメッセージを通知する伝送形態をいう。

【0019】また、メッセージ制御部20は、隣接する他のノードN2、N5からメッセージを受け取ったときに、必要に応じて迂回パスへ切り替える処理を行う。例えば、ノードN1が迂回パスに含まれる中継ノードである場合には、このメッセージによって特定されるリンクに障害が発生した際に、あらかじめ迂回パスとして使用することになっている予備パスを有効にする制御が行われる。また、ノードN1が迂回パスの端部のノードである場合には、現用パスの入路側の入力ポートあるいは出路側となる出力ポートを切り替えて、現用パスの一部を障害が発生した通信パスから迂回パスに切り替える制御が行われる。

【0020】図3は、メッセージ制御部20の詳細構成を示す図である。図3に示すように、メッセージ制御部20は、メッセージ受信部21、受信メッセージテーブル22、メッセージ処理部23、切替テーブル24、切替処理部25、メッセージ送信部26を含んで構成されている。

【0021】メッセージ受信部21は、隣接するノードN2、N5から送られてくるメッセージを受信する。このメッセージには障害が発生したリンクを特定する障害個所情報が含まれている。受信メッセージテーブル22は、メッセージ受信部21によって受信したメッセージを格納する。例えば、同じメッセージがノードN2、N5のそれぞれから送られてきた場合には、最初に受信したメッセージのみが格納される。

【0022】メッセージ処理部23は、受信メッセージテーブル22に格納された受信済みのメッセージを検索することにより、メッセージ受信部21によって新たに受信したメッセージがそれまでに受信済みのメッセージと重複しないかどうかを確認する。そして、新規なメッセージに対しては、メッセージ処理部23は、メッセージを送信する指示をメッセージ送信部26に送るととも

に、スイッチ部 12 による通信パスの接続状態を切り替える指示を切替処理部 25 に送る。

【0023】切替処理部 25 は、受信メッセージに含まれている障害個所情報に基づいて、ノード N1 が迂回パスに含まれているか否かを判定し、含まれている場合にはスイッチ制御テーブル 14 の内容を書き換えることにより、迂回パスの設定を行う。切替テーブル 24 は、障害個所に対応する迂回パスの設定情報を格納する。例えば、リンク L X で障害が発生したときに設定される迂回パスにノード N1 が含まれている場合には、リンク L X に対応させて、迂回パスを設定するために必要なスイッチ部 12 の入力ポートのチャンネル番号と出力ポートのチャンネル番号との組合せ情報が格納されている。

【0024】メッセージ送信部 26 は、メッセージ処理部 23 から入力されるメッセージを、このメッセージを受信した隣接ノードを除く他の隣接ノードに送信する。なお、ノード N1 に含まれる入力インタフェース部 10 によって障害を検出した場合には、障害が発生したリンクを介して接続されている上流の隣接ノードを除く他の隣接ノードにメッセージが送信される。

【0025】上述したメッセージ処理部 23、メッセージ送信部 26 がメッセージ作成・送信手段に、メッセージ受信部 21、受信メッセージテーブル 22、メッセージ処理部 23、メッセージ送信部 26 がメッセージ転送手段に、切替テーブル 24、切替処理部 26 が迂回パス設定手段にそれぞれ対応する。

【0026】本実施形態の通信ネットワークおよび各ノード N1～N8 はこのような構成を有しており、次に、現用パスに含まれるいずれかのリンクに障害が発生した場合に迂回パスが設定されるまでの障害復旧手順の具体例を説明する。例えば、図 4 に示すように、ノード N2 とノード N3 とを結ぶリンク L2 において障害が発生する場合を考える。

【0027】障害を検出したノードの動作

リンク L2 に障害が発生すると、現用パスに沿ってこの障害個所より下流であって、かつ最近接ノードであるノード N3 において障害の発生が検出され、一連の障害復旧処理が開始される。例えば、入力インタフェース部 10 によって、リンク L2 を構成する光ファイバを介して受光されている光信号の断状態を検出することにより、リンク L2 に何らかの異常が発生したことが検出される。

【0028】まず、入力インタフェース部 10 からメッセージ制御部 20 に向けて障害発生の通知が行われると、メッセージ処理部 23 は、リンク L2 を示す障害個所情報を含む所定のメッセージを作成する。次に、メッセージ送信部 26 は、現用パスの上流に位置するノード N2 を除く他の全ての隣接ノードに向けて、メッセージ処理部 23 によって生成されたメッセージをフラッディングする。ノード N3 の場合には、ノード N2 を除く隣

接ノードは、ノード N4 とノード N7 のみであるため、これらに対してメッセージの送信が行われる。

【0029】また、切替処理部 25 は、切替テーブル 24 に格納された情報を参照することにより、必要に応じて迂回パスの切替処理を行う。例えば、障害個所がリンク L2 の場合にはノード N3 における迂回パスの切替処理が行われないものとする、切替テーブル 24 には、リンク L2 に対応する迂回パスの切替情報が何も格納されていない。

【0030】なお、各ノードに対応してメッセージ制御部 20 内に設けられた切替テーブル 24 には、自ノードにおいて何らかの処理が必要な障害発生リンクに対応する切替情報のみが格納されており、実際に障害が発生したリンクに対応する切替情報が切替テーブル 24 に含まれている場合にのみ自ノードにおける迂回パスの切替処理が実施される。

【0031】メッセージを受け取ったノードの動作

ノード N3 からフラッディングによって送信されたメッセージを受信したノード N7 は、必要に応じて迂回パスの切替処理を行うとともに、図 5 に示すように、再びフラッディングによって隣接ノード N6、N8 に対してメッセージを送信する。

【0032】図 6 は、メッセージを受信した各ノードにおける動作手順を示す流れ図であり、主に障害復旧処理に関する動作手順のみが示されている。以下、図 6 を参照しながら、ノード N3 から送られたメッセージを受信したノード N7 内のメッセージ制御部 20 の具体的な動作を説明する。

【0033】ノード N3 から送られてくるメッセージをメッセージ受信部 21 によって受信すると（ステップ S100）、メッセージ処理部 23 は、受信メッセージテーブル 22 に格納されている受信済みメッセージを確認し、同じメッセージを受信済みか否かを判定する（ステップ S101）。例えば、同じ内容のメッセージを既に受信済みの場合には肯定判断が行われ、受信したメッセージに応じた処理を何もせずにメッセージ制御部 20 による動作を終了する。一方、新しい内容のメッセージを受信した場合にはステップ S101 の判定において否定判断が行われ、次にメッセージ送信部 26 は、隣接ノード N6、N8 に向けてメッセージをフラッディングする（ステップ S102）。

【0034】また、切替処理部 25 は、切替テーブル 24 に格納されている設定情報に基づいて、必要な場合には迂回パスに切り替える処理を行う（ステップ S103）。図 7 は、ノード N3 のメッセージ処理部 20 に含まれる切替テーブル 24 の具体例を示す図である。図 7 に示すように、切替テーブル 24 には、障害個所に対応する切替情報が含まれており、切替処理部 25 は、受信メッセージに含まれる障害個所情報によって特定されるリンクが、切替テーブル 24 内の障害個所で指定された

リンクに含まれている場合には、このリンクに対応する切替情報を読み出して、この切替情報に基づいてスイッチ制御テーブル14の内容を変更する。

【0035】図7に示した例では、リンクL2に障害が発生したときに、ノードN7のスイッチ部12において、入路側のチャンネル5で指定される入力ポートと出路側のチャンネル6で指定される出力ポートとを接続することにより新たな迂回パスが設定される旨が示されている。したがって、切替処理部25は、スイッチ部12のチャンネル5で指定される入力ポートとチャンネル6で特定される出力ポートとが接続されるようにスイッチ制御テーブル14の内容を更新すればよい。

【0036】なお、本実施形態では、リンクL2に障害が発生した場合の迂回パスが、ノードN1、N5、N6、N7、N8、N4を経由して設定されるものとする。ノードN7における迂回パスの切替処理は、あらかじめ用意されていた予備パスを有効な迂回パスとして設定することにより行われる。

【0037】また、他の隣接ノードであるノードN4においても、ノードN3から送られてきたメッセージに基づいて同様の切替処理が行われる。但し、ノードN4は、リンクL2に障害が発生した場合に切り替えられる迂回パスの出路側の終端ノードであるため、現用パスを迂回パスに切り替える処理が行われる。

【0038】このようにして、障害を検出したノードN3からメッセージを受け取った隣接ノードN7、N4のそれぞれにおいて迂回パスの設定が行われた後、さらにこれらのノードN7、N4に隣接するノードN6、N8に対してメッセージがフラッディングされ、図8に示すように、ノードN6、N8において迂回パスの設定が行われる。そして、図9に示すように、最終的に現用パスの障害箇所を含む一部が迂回パスに置き換えられて、障害復旧処理が終了する。

【0039】このように、本実施形態では、いずれかのリンクに障害が発生した場合に、障害発生の実事や障害箇所を含むメッセージが障害を検出したノードによって生成されフラッディングによって他のノードに送られる。このメッセージを受け取った各ノードは、メッセージに含まれる障害箇所情報に対応する迂回パスに自ノードが含まれているか否かを判定し（この判定は切替テーブル24内の障害箇所に対応した各リンクにこの障害箇所のリンクが含まれているか否かを調べることにより行うことができる）、含まれている場合には自ノードにおいて迂回パスの設定を行う。したがって、リンクに障害が発生した場合に、このリンクに含まれる通信パスのそれぞれに対応した迂回パスの設定処理を行う代わりに、リンク単位で迂回パスの設定処理が行われるため、各ノードによる障害復旧処理の負担を軽減することができ、迂回パスが設定されるまでの時間を短縮することができる。

【0040】〔第2の実施形態〕ところで、上述した第1の実施形態では、リンク単位で障害を検出して迂回パスの設定を行ったため、リンクに複数本の通信パスが含まれている場合に、その中の少なくとも1本の通信パスに障害が発生すると、リンクに含まれる全ての通信パスが迂回パスに切り替えられていた。しかし、実際に障害が発生していない正常な通信パスを迂回パスに切り替えた場合には、信号の瞬断等が発生するおそれがあるため、できれば障害が発生した通信パスのみについて迂回パスへの切替を行うことが望ましい。第2の実施形態では、一部の通信パスに障害が発生した場合に、この通信パスについてのみ迂回パスへの切替を可能とする。

【0041】図10は、第2の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。図10に示すように、本実施形態の通信ネットワークは、4個のノードN11～N14を含んで構成されている。例えば、ノードN11、N12の間にリンクL11が、ノードN12、N13の間にリンクL12がそれぞれ設定されている。また、リンクL11は、2本の光ファイバL11a、L11bを含んで構成されており、一方の光ファイバL11aには2本の通信パスが設定されている。同様に、リンクL12は、2本の光ファイバL12a、L12bを含んで構成されており、一方の光ファイバL12aには2本の通信パスが設定されている。

【0042】図11は、図10に示した通信ネットワークに含まれるノードN11の構成を示す図である。なお、他のノードN12～N14も同様の構成を有しており、詳細についてはノードN11を用いて説明を行うものとする。図11に示すように、本実施形態のノードN11は、図2に示した第1の実施形態のノードN1～N8に比べて、パス障害情報処理部18を追加した点が異なっている。このパス障害情報処理部18は、上流側の通信パスの障害を検出したときに、パスAIS (Alarm Indication Signal; 警報表示信号) を生成してこの通信パスを用いて下流側に送信する。また、パスAISを受け取ったノードN11が、着目している通信パスの終端のノードである場合には、この通信パスと対となる反対方向の通信パスを用いて障害箇所の上流側に対してパスRDI (Remote Defect Indication; 遠端受信故障) を送信する。

【0043】図12は、パスAISとパスRDIとの関係を示す図である。図12に示すように、通信パスに障害が発生すると、障害箇所の下流側に設置されたノードからパスAISが送信される。また、通信パスの終端となるノードからは、反対方向の通信パスを介してパスRDIが送られる。

【0044】なお、パス障害情報処理部18は、専用のハードウェアを用いて構成されており、生成されたパスAISやパスRDIは、フレームに含まれるパスオーバーヘッドを用いて転送される。一般に、ノード間の情報

の送受信は、フレームの形態で行われる。このフレームは、隣接するノード間の制御情報が含まれるセクションオーバーヘッドと、パス毎の制御情報が含まれるパスオーバーヘッドと、パス毎の通信データが含まれるパス情報バイトなどから構成されている。

【0045】本実施形態の通信ネットワークおよび各ノードN11～N14はこのような構成を有しており、次に、リンク内の一部の通信パスに障害が発生した場合に迂回パスが設定されるまでの障害復旧手順の具体例を説明する。例えば、図10に示すように、ノードN11とノードN12の間のリンクL11に含まれる一部の通信パスにおいて障害が発生する場合を考える。

【0046】障害を検出したノードの動作

リンクL11に含まれる一部の通信パスに障害が発生すると、現用パスに沿ってこの障害個所の下流の最近接ノードであるノードN12において障害の発生が検出され、一連の障害復旧処理が開始される。

【0047】まず、いずれかの入力インタフェース部10によって障害が検出されると、パス情報処理部18は、パスAISがパスオーバーヘッドに含まれるフレームを生成し、障害が発生した通信パスの下流に向けてこのフレームを送信する。また、上述したパスAISを含むフレームの生成、送信処理と並行して、入力インタフェース部10から障害発生の通知を受け取ったメッセージ処理部23は、リンクL11を示す障害個所情報を含むメッセージを生成する。次に、メッセージ送信部26は、現用パスの上流に位置するノードN11を除く全ての隣接ノードに向けて、メッセージ処理部23によって生成されたメッセージをフラッディングする。ノードN12の場合には、ノードN11を除く隣接ノードはノードN13のみであるため、ノードN13に向けてメッセージの送信が行われる。

【0048】また、切替処理部25は、切替テーブル24に格納された情報を参照することにより、パスAISが送られてきた通信パスについてのみ必要に応じて迂回パスの切替処理を行う。例えば、障害個所がリンクL11の場合には、ノードN12は迂回パスに含まれないため、切替テーブル24にはリンクL11に対応して切り替えられる迂回パスの情報が含まれておらず、迂回パスへの切替処理は行われない。

【0049】メッセージを受け取ったノードの動作

ノードN11からフラッディングによって送信されたメッセージが順次各ノードに転送される点は、上述した第1の実施形態の通信ネットワークと同じであるが、本実施形態では、迂回パスの中継ノードと終端ノードとで切替処理の内容が異なっている。

【0050】すなわち、迂回パスの中継ノード（図10に示す例ではノードN14）は、フラッディングによって送られてきたメッセージを受信した時点で、障害が発生したリンクL11に対応して設定されている迂回パス

を有効にする処理を行う。この切り替え動作は、上述した第1の実施形態の通信ネットワークにおいて、迂回パスに含まれる中継ノードによる切り替え動作と同じである。なお、現用パスおよび迂回パスのいずれにも含まれないノード内の切替テーブル24には、障害が発生したリンクL11に関する情報が何も格納されていないため、受信したメッセージに対応する迂回パスへの切替処理は何も行われない。

【0051】図13は、迂回パスに含まれる中継ノード内の切替テーブル24に格納された切替情報の具体例を示す図である。上述したように、迂回パスに含まれる中継ノードでは、リンク内の一部の通信パスに障害が発生した場合であっても、リンク単位で迂回パスへの切り替え処理が行われる。このため、図13に示すように、このような中継ノード内の切替テーブル24には、各リンクに障害が発生した場合に有効となる迂回パスの接続状態が切替情報として格納されている。

【0052】また、迂回パスの終端ノード（図10に示す例ではノードN11とノードN13）は、フラッディングによって送られてきたメッセージを受信し、かつ、パスAISあるいはパスRDIのいずれかを受信した時点で、障害が発生した通信パスのみを迂回パスに切り替える処理を行う。

【0053】図14は、迂回パスの終端ノード内の切替テーブル24に格納された切替情報の具体例を示す図である。上述したように、迂回パスの終端ノードでは、リンク内の一部の通信パスに障害が発生した場合に、障害が発生したリンクをメッセージによって特定するとともに、パスAISあるいはパスRDIによって障害が発生した通信パスを特定した後に、この特定した通信パスのみについて迂回パスへの切替が行われる。このため、図14に示すように、このような終端ノード内の切替テーブル24には、障害が発生したリンクを示す「障害個所」と、障害が発生した通信パスをチャンネル番号で示した「パス障害個所」とが組み合わせて格納されており、これらの組合せに対応させて切り替えられる迂回パスの接続状態が切替情報として格納されている。なお、パスAISやパスRDIは、通信パス毎に送受信されるものであるため、図14に示した切替情報によって特定される迂回パスは、「障害個所」と「パス障害個所」の組合せに対応して1本となる。

【0054】このように、本実施形態では、いずれかのリンクに含まれる一部の通信パスのみに障害が発生した場合に、図15に示すように、実際に障害が発生した通信パスのみが迂回パスに切り替わるため、それ以外の正常な通信パスを介して通信動作が維持される。したがって、障害が発生した通信パス以外の正常な通信パスにおける信号の瞬断等を防止することができる。また、迂回パスの終端ノード以外の各ノードでは、フラッディングによるメッセージを受信した時点で、リンク単位で迂回

パスを有効にする処理が行われるため、通信パス単位で個別に迂回パスを設定する場合に比べて各ノードにおける処理の負担を軽減するとともに、切替処理に要する時間を短縮することができる。

【0055】〔第3の実施形態〕ところで、上述した各実施形態では、現用パスに障害が発生した場合に、その全体を大きく迂回するような迂回パスに切り替える場合を考えたが、実際の通信ネットワークではノードやリンクの数が膨大となるため、現用パスの全体を迂回する大きな迂回パスを設定すると、迂回パスに含まれる最も遠いノードにメッセージを転送するのに時間がかかって障害復旧が遅くなる。本実施形態では、通信パスに含まれる複数の区間のそれぞれに異なる迂回パスを設定することにより、通信ネットワークが大きい場合であっても、障害の復旧に要する時間の短縮が可能となる。

【0056】図16は、第3の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。図16に示すように、本実施形態の通信ネットワークは、11個のノードN21～N31を含んで構成されている。例えば、ノードN21～N27を介して現用パスが設定されている。また、ノードN21、N28、N29、N25を介して第1の迂回パスAが設定され、ノードN23、N30、N31、N27を介して第2の迂回パスBが設定される。

【0057】図16に示した通信ネットワークに含まれる各ノードは、図2あるいは図11に示した構成を有している。すなわち、ノードN21～N31のそれぞれが図2に示した構成を有しているものとする、障害を検出したノードによって障害箇所を通知するメッセージが生成され、他のノードに対してフラッディングされる。例えば、ノードN25とノードN26の間のリンクで障害が発生すると、現用パスの下流に位置するノードN26においてメッセージが生成され、隣接ノードN27に向けてフラッディングされる。迂回パスに含まれるノードN27、N31、N30、N23は、このメッセージを受け取ると、現用パスを迂回パスに切り替える処理を行う。

【0058】また、ノードN21～N31のそれぞれが図11に示した構成を有しているものとする、障害を検出したノードによって所定のメッセージとパスA I Sが生成され、このパスA I Sを受け取った迂回パスの終端ノードにおいてパスR D Iが生成される。例えば、ノードN25とノードN26の間のリンクに含まれる一部の通信パスに障害が発生すると、現用パスの下流に位置するノードN26においてメッセージとパスA I Sが生成される。このメッセージは他のノードにフラッディングされ、迂回パスの中継ノードとなるノードN31、N30では、このメッセージを受信したときに、障害が発生したリンクに対応した迂回パスを有効にする処理を行う。また、迂回パスの終端ノードとなるノードN27、

N23では、フラッディングによるメッセージを受信するとともにパスA I SあるいはパスR D Iのいずれか一方を受信したときに、障害が発生した通信パスに対応して予め用意されている迂回パスへの切り替え処理を行う。

【0059】このように、本実施形態では、通信ネットワークに複数の迂回パスが予め用意されており、現用パスに障害が発生したときに、対応するいずれかの迂回パスが有効になる。特に、複数の迂回パスが用意されており、現用パスの障害箇所を迂回する迂回パスのみの切り替え処理が行われるため、この迂回パスの終端となるノードにメッセージを転送して迂回パスへの切り替え処理を終了するまでの時間を短縮することができる。

【0060】また、予め用意された複数の迂回パスは部分的に交差しており、各迂回パスに対応する現用パスの各区間が部分的に重複するように設定されている。例えば、図16に示した通信ネットワークでは、ノードN23、N24、N25を結ぶリンクについて、2つの迂回パスA、Bに対応する現用パスの区間が互いに重複している。このため、これら3つのノードN23、N24、N25のいずれかが正常に機能しなくなる、いわゆるノード障害が発生した場合であっても、現用パスを迂回パスに切り替えることができる。

【0061】〔第4の実施形態〕ところで、上述した第3の実施形態では、いずれかのノードにおいて上流側の障害を検出したときに、各ノードでは障害が発生したリンクを単位として迂回パスへの切り替えを行うようにしたが、組となる下りパスと上りパスのそれぞれについて別々の迂回パスに切り替えるようにしてもよい。

【0062】図17は、第4の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。図17に示すように、本実施形態の通信ネットワークは、6個のノードN41～N46を含んで構成されている。図17に示した通信ネットワークに含まれる各ノードは、図2に示した構成と類似した構成を有している。具体的には、本実施形態の通信ネットワークに含まれる各ノードは、図2に示したメッセージ制御部20をメッセージ制御部20Aに置き換えた構成を有している。

【0063】図18は、本実施形態のメッセージ制御部20Aの詳細な構成を示す図である。図18に示すように、本実施形態のメッセージ制御部20Aは、メッセージ受信部21、受信メッセージテーブル22、メッセージ処理部23A、切替テーブル24A、切替処理部25A、メッセージ送信部26を含んで構成されている。図3に示したメッセージ制御部20に含まれる各構成部と基本動作が同じものについては同一符号を付し詳細な説明は省略する。

【0064】メッセージ処理部23Aは、自ノードにおいて障害を検出すると、障害が検出されたリンクを特定する障害箇所情報とともに障害検出点情報を含むメッセ

ージを生成する。この障害検出点情報とは、障害が上りパスで検出されたか下りパスで検出されたかを特定するものであり、例えば上りパスにおいて障害が検出された場合には、障害検出点情報として「P1」が、下りパスにおいて障害が検出された場合には、障害検出点情報として「P2」がそれぞれ設定される。

【0065】切替処理部25Aは、受信メッセージに含まれている障害箇所情報と障害検出点情報に基づいて、自ノードが迂回パスに含まれているか否かを判定し、含まれている場合には、スイッチ制御テーブル14の内容を書き換えることにより、障害が発生した上りパスあるいは下りパスに対応した迂回パスの設定を行う。切替テーブル24Aは、障害箇所および障害検出点情報に対応する迂回パスの切替情報を格納する。

【0066】図19は、図18に示したメッセージ制御部20A内の切替テーブル24Aの具体例を示す図である。例えば、図19に示すように、切替テーブル24Aには、図7に示した切替テーブル24に含まれる「障害箇所」と「切替情報」に加えて、「障害検出点」として「P1」または「P2」の情報が付加されている。

【0067】このように、本実施形態では、障害が発生したリンクと、上りパスと下りパスのいずれにおいて障害が検出されたかが特定されて、対応する迂回パスへの切り替え処理が行われる。したがって、上りパスと下りパスのいずれか一方のみに障害が発生した場合には、この実際に障害が発生した通信パスについてのみ迂回パスへの切替が行われるため、正常な通信パスを迂回パスに切り替えることによる信号の瞬断を防止することができる。

【0068】また、本実施形態では、上りパスと下りパスのそれぞれについて別々に迂回パスの設定を行うことにより、一つの通信パスに対応して一部の区間が重複した複数の迂回パスが用意されている場合に、ノード障害に対応して、誤ってこれら複数の迂回パスが同時に有効になって正常に障害復旧が行えなくなってしまう事態を回避することができる。

【0069】図20は、ノード障害が発生した場合に正常に障害復旧が行われなくなる従来の障害復旧方式の具体例を示す図である。図20において、ノード42に障害が発生すると、上りパスの下流側に位置するノード41では、リンクL31に障害が発生したことを検出する。これにより、ノードN41、N42、N43を介して設定されていた通信パスがノードN41、N45、N43を介して設定される迂回パスに切り替えられる。一方、下りパスの下流側に位置するノード43では、リンクL32に障害が発生したことを検出する。これにより、ノードN42、N43、N44を介して設定されていた通信パスがノードN42、N46、N44を介して設定される迂回パスに切り替えられる。この結果、ノードN41とノードN44の間の通信パスが開通せずに、

障害復旧処理が失敗に終わる。

【0070】ところが、本実施形態では、ノードN42に障害が発生すると、図21に示すように、上りパスの下流側に位置するノード41では、リンクL31の上りパス側において障害が発生したことを検出する。これにより、上りパスのみがノードN41、N45、N43を介して設定される迂回パスに切り替えられる。一方、図22に示すように、下りパスの下流側に位置するノードN43では、リンクL32の下りパス側において障害が発生したことを検出する。これにより、下りパスのみがノードN41、N45、N43を介して設定される迂回パスに切り替えられる。この結果、障害復旧処理が正常に終了する。

【0071】なお、単純なリンク障害が発生して上りパスと下りパスの両方について障害が検出された場合にも、上述したノード障害の場合と同様に、上りパスと下りパスのそれぞれについて迂回パスへの切り替え処理が別々に行われる。その結果、図23に示すように、上りパスと下りパスについて異なる区間に対応した別々の迂回パスが設定される場合もある。

【0072】〔第5の実施形態〕ところで、図17に示したように、ノード障害が発生すると、上りパスの下流側に位置するノードにおいて検出する障害箇所と、下りパスの下流側に位置するノードにおいて検出する障害箇所が相違するため、これらの各ノードによって作成されるメッセージの内容が異なることになる。したがって、他のノードでは、内容が異なる複数のメッセージを受信したときに、ノード障害が発生したものと判定し、正常な障害復旧処理を行うことができる。

【0073】本実施形態の通信ネットワークに含まれる各ノードは、図2に示した構成と類似した構成を有している。具体的には、本実施形態の通信ネットワークに含まれる各ノードは、図2に示したメッセージ制御部20をメッセージ制御部20Bに置き換えた構成を有している。

【0074】図24は、本実施形態のメッセージ制御部20Bの詳細な構成を示す図である。図24に示すように、本実施形態のメッセージ制御部20Bは、メッセージ受信部21、受信メッセージテーブル22、メッセージ処理部23、切替テーブル24B、切替処理部25B、メッセージ送信部26、トポロジ情報テーブル27を含んで構成されている。図3に示したメッセージ制御部20に含まれる各構成部と基本動作が同じものについては同一符号を付し詳細な説明は省略する。

【0075】トポロジ情報テーブル27は、各ノードとそれに接続されている各リンクとの関係を示すネットワークトポロジ情報を格納する。図25は、トポロジ情報テーブル27に格納されたネットワークトポロジ情報の具体例を示す図である。このネットワークトポロジ情報には、ノードを特定する「ノード番号」と、各ノードに

接続されたリンクを特定する「接続リンク情報」が含まれている。なお、ノード障害やリンク障害が発生しても自ノードが迂回パスに含まれない場合には、上述したネットワークトポロジ情報は不要であり、メッセージ制御部 20B 内のトポロジ情報テーブル 27 はなくてもよい。

【0076】切替テーブル 24B は、リンク障害あるいはノード障害に対応する「障害箇所」と、自ノードが迂回パスに含まれる場合にどのチャンネル同士を接続することによってこの迂回パスを設定するかを示す「切替情報」を含んでいる。図 26 は、切替テーブル 24B の具体例を示す図である。図 26 に示すように、「障害箇所」にはリンク番号の他にノード番号が含まれており、いずれかのリンクで障害が発生した場合の他に、いずれかのノードで障害が発生した場合が考慮されている。

【0077】切替処理部 25B は、メッセージ受信部 21 によって隣接ノードから送られてきた 1 あるいは複数のメッセージを受信したときに、トポロジ情報テーブル 27 に格納されたネットワークトポロジ情報に基づいて、発生した障害の種類（リンク障害、ノード障害）を判定する。具体的には、メッセージ受信部 21 によって内容が異なる複数のメッセージが一定時間内に受信された場合には、切替処理部 25B は、各メッセージによって特定される障害箇所としてのリンク番号と、トポロジ情報テーブル 27 に格納されているネットワークトポロジ情報とに基づいて、障害が発生したノードを特定する。例えば、図 25 に示した内容のトポロジ情報テーブル 27 がノード N45 に格納されているものとし、ノード N42 に障害が発生した場合を考える。上りパスの下流側に位置するノード N41 では、リンク L31 に障害が発生したものとメッセージを作成してフラッディングを行い、下りパスの下流側に位置するノード N43 では、リンク L32 に障害が発生したものとメッセージを作成してフラッディングを行う。したがって、ノード N45 には、障害箇所としてリンク L31 が特定された第 1 のメッセージと障害箇所としてリンク L32 が特定された第 2 のメッセージを受信することになり、切替処理部 25B は、図 25 に示したネットワークトポロジ情報に基づいて、これらの 2 つのリンク L31、L32 が接続されたノード N42 に障害が発生したことを検出することができる。このため、切替処理部 25B は、切替テーブル 24B に格納された障害箇所「ノード N42」に対応する切替情報を読み出すことにより、このノード障害に対応する迂回パスの設定を行うことができる。このようにして各ノードにおいて図 22 に示したような迂回パスの設定が行われ、一連の障害復旧処理が終了する。

【0078】なお、一定時間内に複数のメッセージが受信されない場合には、通常のリンク障害に対応する障害復旧処理が行われる。

【第 6 の実施形態】 上述した各実施形態では、所定の障害復旧処理を行った結果、正常な迂回パスが設定されるものとして説明を行ったが、実際の通信ネットワークでは、何らかの原因（例えば、リンク障害やノード障害が複数個所で同時に発生した場合等）によって障害復旧処理が失敗に終わる場合もあるため、障害復旧処理の成否を確認できるようにすることが望ましい。

【0079】本実施形態では、パス送信端となるノードにおいて、迂回パスに沿った各ノードの ID を含むパストレース用の ID 情報（パストレース ID）がパスオーバーヘッドに格納されたフレームを作成して送信し、迂回パスに沿った送信端以外の各ノードでは、受信したフレームのパスオーバーヘッドを調べ、受信が期待されたパストレース ID と一致したときに、障害復旧処理が正常に終了したと判定する。

【0080】本実施形態の通信ネットワークに含まれる各ノードは、図 2 に示した構成と類似した構成を有している。具体的には、本実施形態の通信ネットワークに含まれる各ノードは、図 2 に示したメッセージ制御部 20 をメッセージ制御部 20C に置き換えた構成を有している。

【0081】図 27 は、本実施形態のメッセージ制御部 20C の詳細な構成を示す図である。図 27 に示すように、本実施形態のメッセージ制御部 20C は、メッセージ受信部 21C、受信メッセージテーブル 22、メッセージ処理部 23C、切替テーブル 24、切替処理部 25、メッセージ送信部 26C を含んで構成されている。図 3 に示したメッセージ制御部 20 に含まれる各構成部と基本動作が同じものについては同一符号を付し詳細な説明は省略する。

【0082】メッセージ受信部 21C は、障害発生時に他のノードから送られてくるメッセージを受信する処理を行うとともに、自ノードがパス送信端でない場合には、迂回パスの設定処理が行われた後に、パスオーバーヘッドにこの設定された迂回パスに対応するパストレース ID が含まれているフレームを受信する処理を行う。

【0083】メッセージ処理部 23C は、自ノードがパス送信端でない場合には、障害発生時には新規なメッセージを受信したか否かを判定しているが、迂回パスの設定が終了した後はメッセージ受信部 21C によってフレームを受信したか否か、フレームを受信した場合にはその中のパスオーバーヘッドにパストレース ID が含まれているか否かを判定する。パストレース ID が含まれている場合には、メッセージ処理部 23C は、設定された迂回パスに対応するパストレース ID と、受信したフレームのパスオーバーヘッドに含まれるパストレース ID とが一致するか否かを調べ、一致する場合には設定された迂回パスが正常であって、障害復旧処理が成功したものと判定する。一方、一定時間内にパストレース ID がパスオーバーヘッドに含まれたフレームを受信しなかつ

た場合や、パスオーバーヘッドに含まれるパストレース ID が迂回パスに対してパストレース ID と一致しない場合には、メッセージ処理部 23C は、障害復旧処理が失敗したものと判定する。

【0084】メッセージ処理部 23C は、自ノードがパス送信端の場合には、設定された迂回パスに沿った各ノードを特定するパストレース ID が格納されたパスオーバーヘッドを有するフレームを作成する。メッセージ送信部 26C は、障害復旧処理時には、メッセージ処理部 23C によって作成されたメッセージやメッセージ受信部 21C によって受信したメッセージを他のノードにフラディングするとともに、迂回パスが設定された後、メッセージ処理部 23C によって作成されたフレームを迂回パスの下流側に送信する。上述したメッセージ処理部 23C がパストレース情報付加手段、成否判定手段に対応する。

【0085】このように、本実施形態では、障害復旧処理によって迂回パスが設定されたときに、パス送信端となるノードからこの設定された迂回パスに対応したパストレースをパスオーバーヘッドに含むフレームが作成され、迂回パスの下流側に送信される。迂回パスに沿った各ノードでは、一定時間内に、このフレームを受信してパストレース ID が自ノードで設定した迂回パスに対応したものであることを確認することにより、障害復旧処理の正常終了を判定することができる。したがって、このフレームを一定時間内に受信できなかった場合には、各ノードは、障害復旧処理が失敗に終わったことを知ることができる。

【0086】(付記 1) リンクを介して接続された複数のノードが含まれる通信ネットワークの障害復旧方式において、前記複数のノードのそれぞれは、通信パスの障害を検出したときに、障害箇所を特定する情報を含むメッセージを作成して隣接する他のノードに送信するメッセージ作成・送信手段と、前記他のノードから前記メッセージが送られてきたときにこれを受信し、それ以外の前記他のノードに向けてこのメッセージを転送する処理を行うメッセージ転送手段と、前記メッセージ転送手段において前記他のノードから受信した前記メッセージに基づいて障害箇所が特定されたときに、この障害箇所に対応する迂回パスに自ノードが含まれるか否かを判定し、含まれる場合には前記迂回パスを有効にする迂回パス設定手段と、を備えることを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0087】(付記 2) 付記 1 において、前記メッセージ転送手段は、同一の前記障害箇所に対応する前記メッセージを重複して受信したか否かを判定しており、重複している場合には、前記メッセージを転送する処理を行わないことを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0088】(付記 3) 付記 1 または 2 において、前

記迂回パス設定手段は、自ノードが前記迂回パスの中継ノードである場合には、前記メッセージ転送手段によって前記メッセージを受信したときに、障害が発生した前記通信パスが含まれる前記リンクに対応した前記迂回パスを有効にする処理を行い、自ノードが前記迂回パスの終端ノードである場合には、実際に障害が発生した前記通信パスに対応する前記迂回パスを有効にする処理を行うことを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0089】(付記 4) 付記 1～3 のいずれかにおいて、一つの前記通信パスに対応して、互いの設定区間が部分的に重複する複数の前記迂回経路が予め用意されていることを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0090】(付記 5) 付記 1～4 のいずれかにおいて、前記メッセージ作成・送信手段は、前記障害箇所を特定する情報とともに、障害が発生した前記通信パスの方向を特定する情報を含む前記メッセージを作成し、前記迂回パス設定手段は、受信した前記メッセージに基づいて、障害が発生した前記通信パスの方向を考慮に入れて前記迂回パスを設定することを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0091】(付記 6) 付記 1～5 のいずれかにおいて、前記迂回パス設定手段は、前記複数のノードとそれらの間のリンクとの関係を示すネットワークトポロジ情報を有しており、前記メッセージ転送手段において前記他のノードから内容が異なる複数の前記メッセージ情報を受信したときに、前記ネットワークトポロジ情報に基づいてノード障害の有無を判定することを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0092】(付記 7) 付記 6 において、前記迂回パス設定手段は、リンク障害に対応する第 1 の迂回パス切替情報とノード障害に対応する第 2 の迂回パス切替情報とを有しており、前記ネットワークトポロジ情報に基づいてノード障害ありと判定したときに、前記第 2 の迂回パス切替情報を用いて前記迂回パスの設定を行い、ノード障害無しと判定したときに、前記第 1 の迂回パス切替情報を用いて前記迂回パスの設定を行うことを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0093】(付記 8) 付記 6 または 7 において、前記迂回パス設定手段は、前記メッセージ転送手段において最初の前記メッセージを受信してから所定時間内に、内容が異なる他の前記メッセージを受信しない場合にリンク障害が発生したものと判定し、障害が発生したリンクに対応する前記迂回パスを設定することを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0094】(付記 9) 付記 1～8 のいずれかにおいて、前記通信パスおよび前記迂回パスを介して送受信される情報は、パスオーバーヘッドを含むフレーム構造を有しており、前記複数のノードのそれぞれは、自ノードが前記迂回パスの送信端である場合に、前記迂回パスに

対応するパストレース用の ID 情報を前記パスオーバーヘッドに格納するパストレース情報付加手段と、自ノードが前記迂回パスの中継ノードである場合に、一定時間以内に前記送信端となる前記ノードから前記フレームが送られてきたときに前記パスオーバーヘッドを調べ、前記 ID 情報が期待される内容と一致したときに障害復旧成功と判断し、前記 ID 情報が期待される内容と一致しないとき、あるいは一定時間以内に前記送信端となる前記ノードから前記フレームが送られてこないときに障害復旧失敗と判断する成否判定手段と、を備えることを特徴とする通信ネットワークの障害復旧方式。

【0095】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、各ノードは、他のノードから送られてくるメッセージに含まれる障害個所情報によって、自ノードが迂回パスに含まれているか否かを判定し、含まれている場合にはこの迂回パスを有効にする処理を行っている。したがって、いずれかのリンクに発生した障害が検出されたときに、リンク単位で迂回パスの設定が行われるため、通信パス毎に障害検出や迂回パスの設定を行う場合に比べて、障害が発生したリンクに含まれる通信パスを迂回パスに切り替える際の各ノードの処理の負担が軽く、しかも障害復旧処理を高速に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用した第 1 の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示した通信ネットワークに含まれるノードの構成を示す図である。

【図 3】メッセージ制御部の詳細構成を示す図である。

【図 4】障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 5】障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 6】メッセージを受信した各ノードにおける動作手順を示す流れ図である。

【図 7】メッセージ処理部に含まれる切替テーブルの具体例を示す図である。

【図 8】障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 9】障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 10】第 2 の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。

【図 11】図 10 に示した通信ネットワークに含まれるノードの構成を示す図である。

【図 12】パス AIS とパス RDI との関係を示す図である。

【図 13】迂回パスに含まれる中継ノード内の切替テーブルに格納された切替情報の具体例を示す図である。

【図 14】迂回パスの終端ノード内の切替テーブルに格納された切替情報の具体例を示す図である。

【図 15】本実施形態において設定された迂回パスの具体例を示す図である。

【図 16】第 3 の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。

【図 17】第 4 の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図である。

【図 18】本実施形態のメッセージ制御部の詳細な構成を示す図である。

【図 19】図 18 に示したメッセージ制御部内の切替テーブルの具体例を示す図である。

【図 20】ノード障害が発生した場合に正常に障害復旧が行われない具体例を示す図である。

【図 21】通信パスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 22】通信パスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 23】通信パスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図である。

【図 24】第 5 の実施形態のメッセージ制御部の詳細な構成を示す図である。

【図 25】ネットワークトポロジ情報の具体例を示す図である。

【図 26】ノード障害を考慮した切替テーブルの具体例を示す図である。

【図 27】第 6 の実施形態の各ノードに含まれるメッセージ制御部の詳細構成を示す図である。

【符号の説明】

N1、N2、… ノード

10 入力インタフェース部（入力 IF）

12 スイッチ部

14 スイッチ制御テーブル

16 出力インタフェース部（出力 IF）

20 メッセージ制御部

21 メッセージ受信部

22 受信メッセージテーブル

23 メッセージ処理部

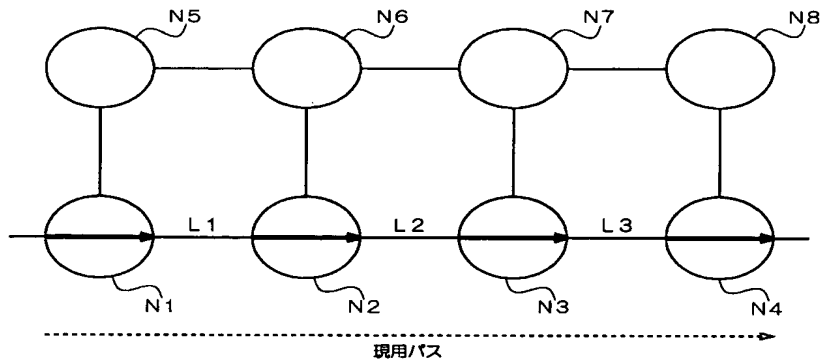
24 切替テーブル

25 切替処理部

26 メッセージ送信部

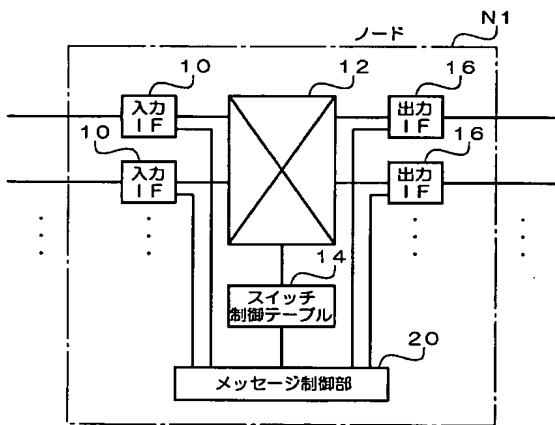
【図 1】

第1の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図



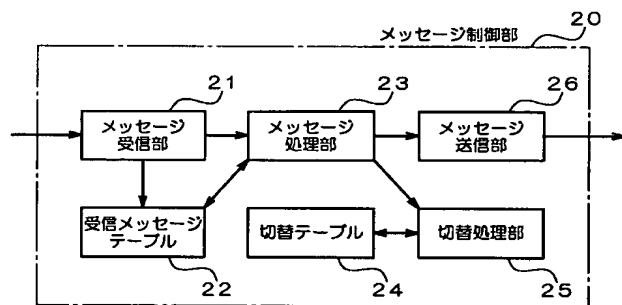
【図 2】

第1の実施形態のノードの構成を示す図



【図 3】

メッセージ制御部の詳細構成を示す図

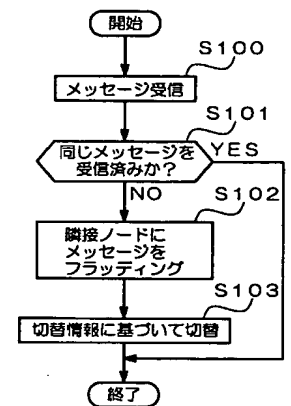
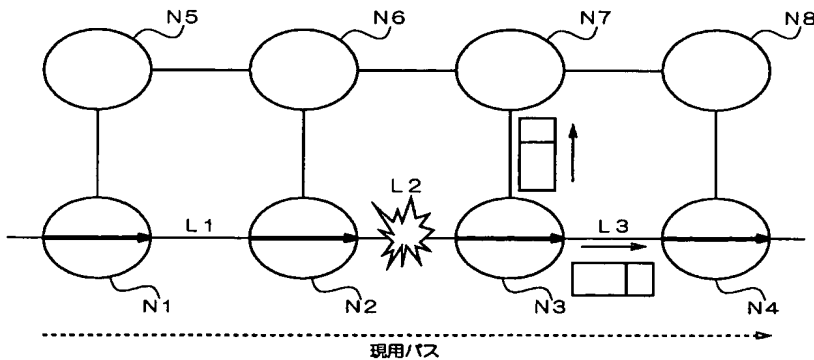


【図 6】

メッセージを受信した各ノードにおける動作手順を示す流れ図

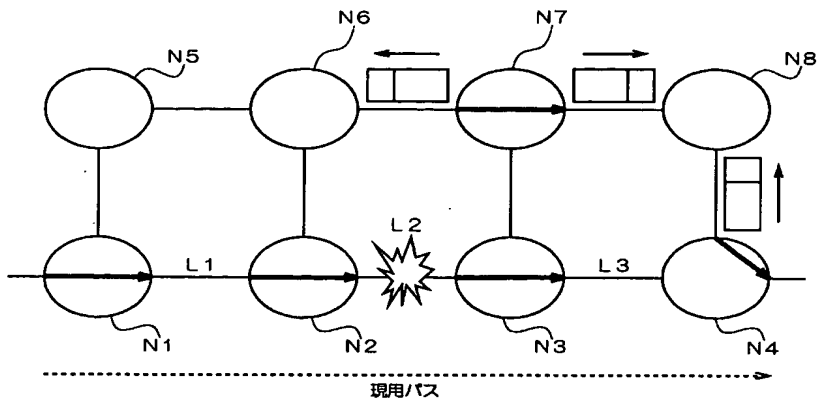
【図 4】

障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



【図 5】

障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



【図 7】

メッセージ処理部に含まれる切替テーブルの具体例を示す図

障害箇所	切替情報
リンク L 1	チャネル 1-チャネル 2, チャネル 3-チャネル 4
リンク L 2	チャネル 5-チャネル 6
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮

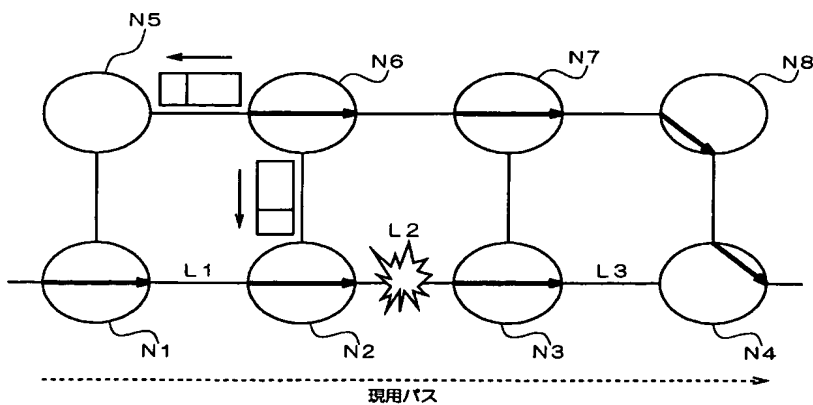
【図 13】

迂回バスに含まれる中継ノード内の切替テーブルに格納された切替情報の具体例を示す図

障害箇所	切替情報
リンク L 1 1	チャネル 1-チャネル 5, チャネル 2-チャネル 6
リンク L 1 2	チャネル 1-チャネル 5, チャネル 2-チャネル 6
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮

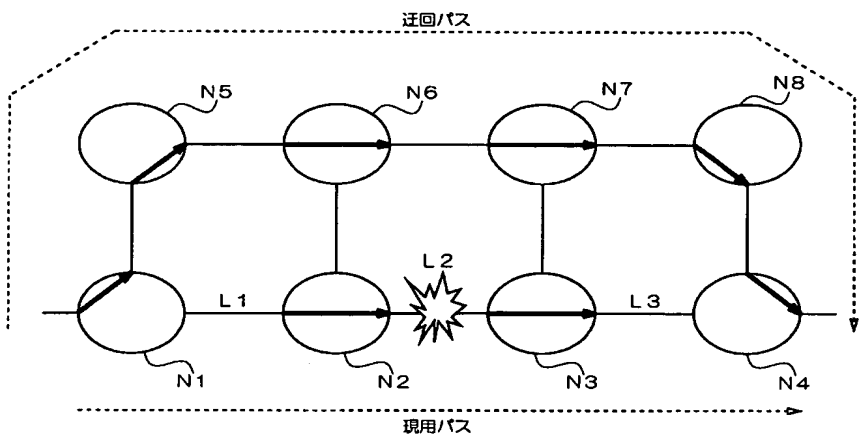
【図 8】

障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



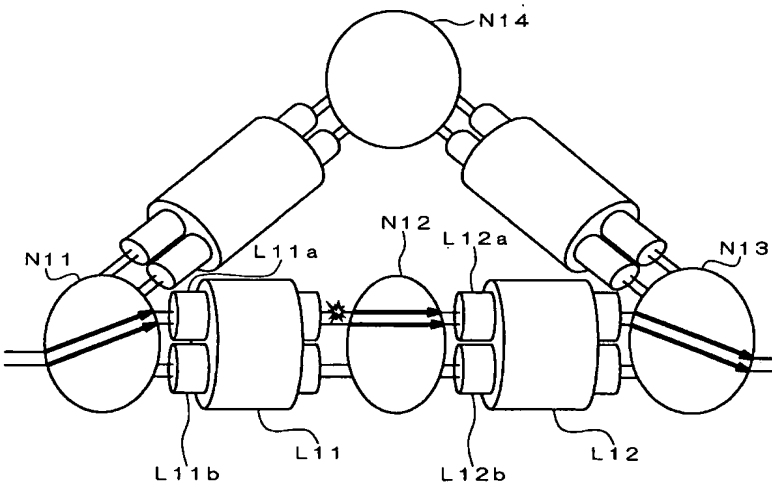
【図 9】

障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



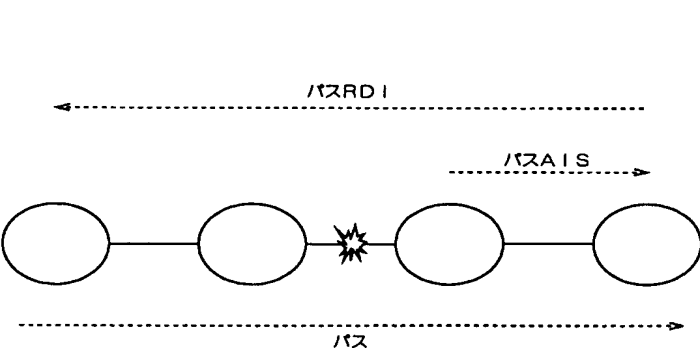
【図 10】

第2の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図



【図 12】

バスAISとバスRDIとの関係を示す図



【図 25】

ネットワークポロジ情報の具体例を示す図

ノード番号	接続リンク情報
ノードN41	リンクL31, リンクL34
ノードN42	リンクL31, リンクL32, リンクL36
ノードN43	リンクL32, リンクL33, リンクL35
ノードN44	リンクL33, リンクL37
ノードN45	リンクL34, リンクL35
ノードN46	リンクL36, リンクL37
⋮	⋮

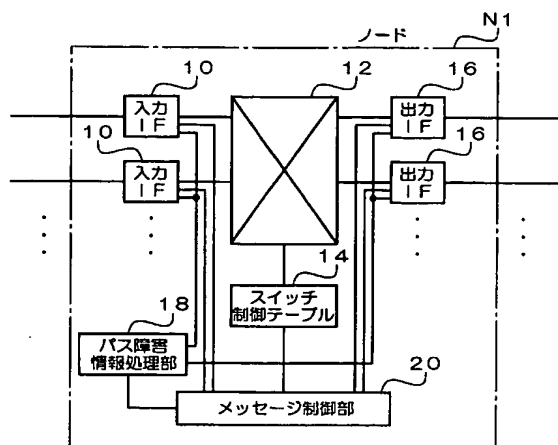
【図 14】

迂回バスの終端ノード内の切替テーブルに格納された切替情報の具体例を示す図

障害箇所	バス障害箇所	切替情報
リンクL11	チャンネル1	チャンネル5-チャンネル9
	チャンネル2	チャンネル6-チャンネル10
⋮	⋮	⋮

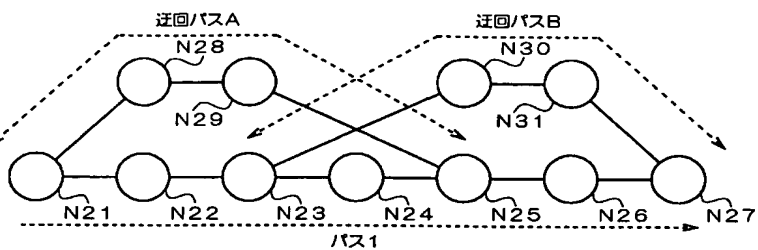
【図11】

第2の実施形態のノードの構成を示す図



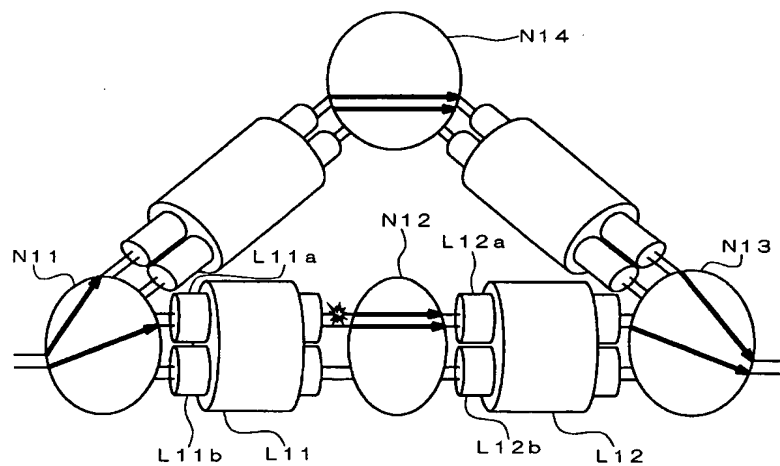
【図16】

第3の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図



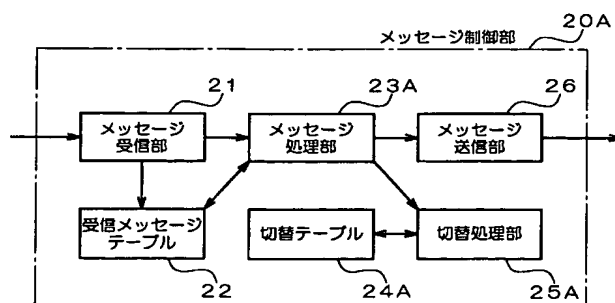
【図15】

迂回バスの具体例を示す図



【図18】

第4の実施形態のメッセージ制御部の詳細な構成を示す図



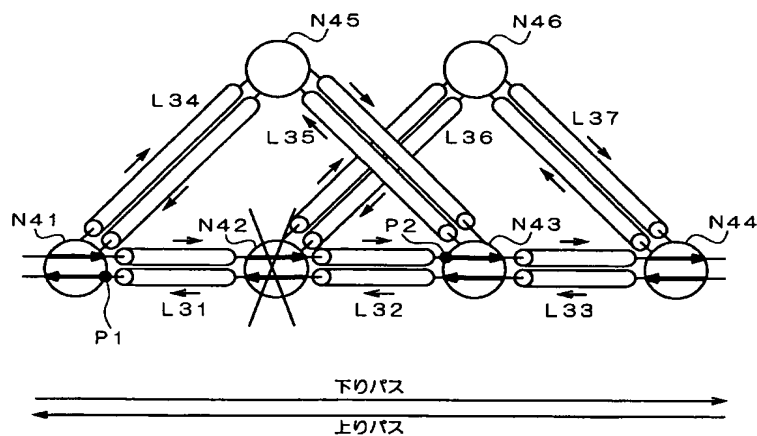
【図19】

切替テーブルの具体例を示す図

障害箇所	障害検出点	切替情報
リンクL1	P2	チャンネル3-チャンネル4
リンクL2	P2	チャンネル5-チャンネル6
⋮	⋮	⋮

【図 17】

第4の実施形態の通信ネットワークの部分的な構成を示す図



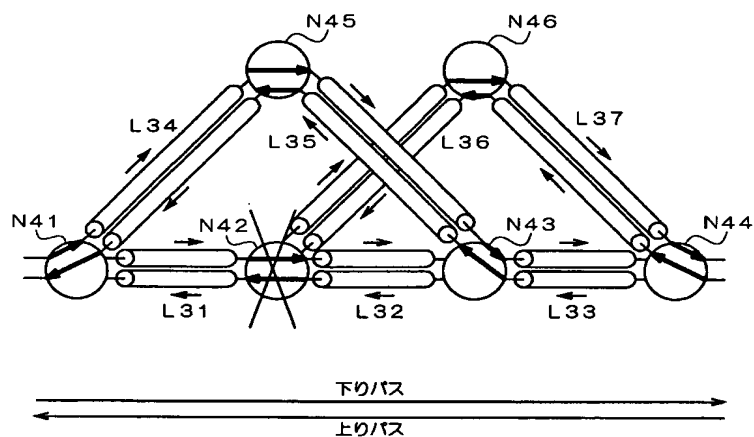
【図 26】

ノード障害を考慮した切替テーブルの具体例を示す図

障害箇所	切替情報
リンクL31	チャンネル1-チャンネル2, チャンネル3-チャンネル4
リンクL32	チャンネル5-チャンネル6
⋮	⋮
ノードN42	チャンネル1-チャンネル2, チャンネル3-チャンネル4
ノードN43	チャンネル5-チャンネル6, チャンネル7-チャンネル8
⋮	⋮

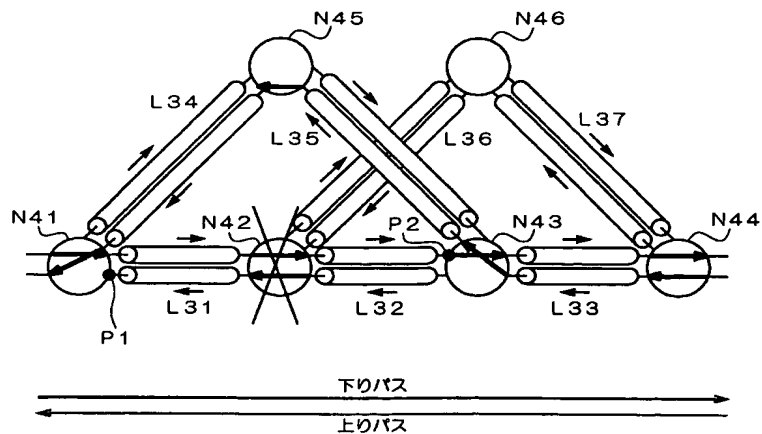
【図 20】

ノード障害が発生した場合に正常に障害復旧が行われない具体例を示す図



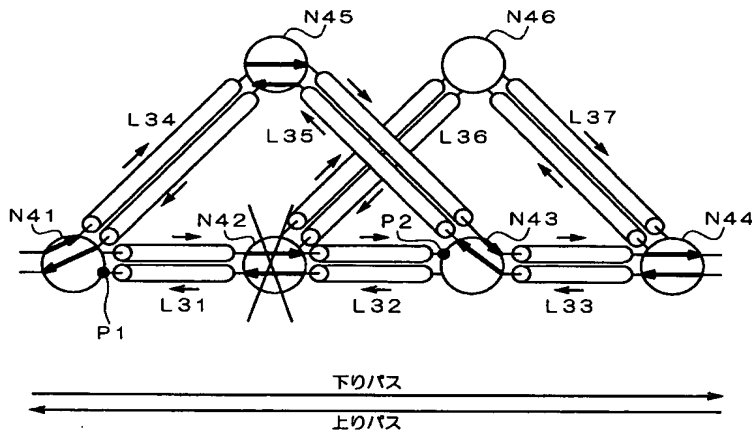
【図 21】

通信バスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



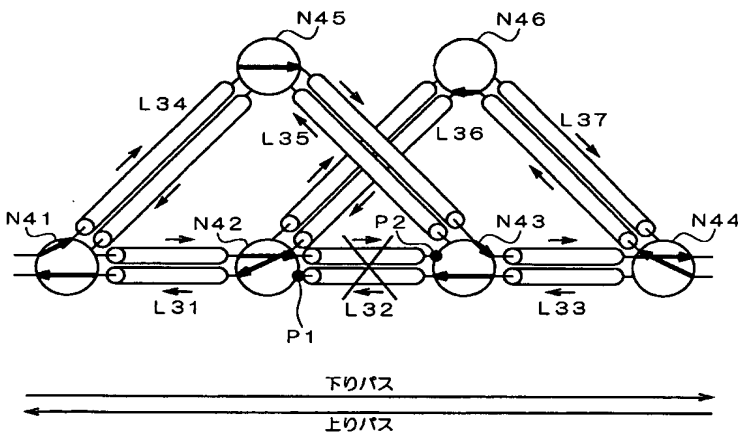
【図 22】

通信バスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



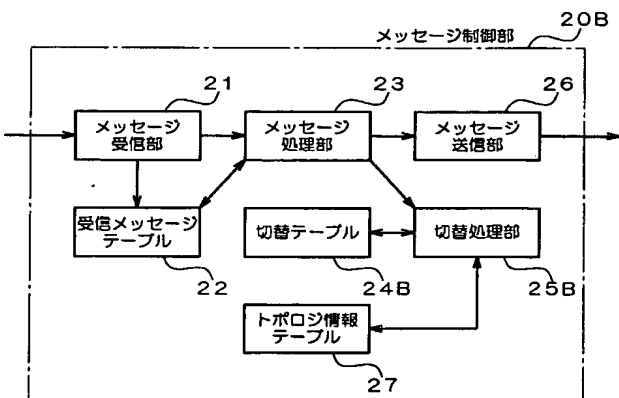
【図 23】

通信バスの方向を考慮した障害発生時の具体的な障害復旧手順を示す図



【図 24】

第5の実施形態のメッセージ制御部の詳細な構成を示す図



【図 27】

第6の実施形態のメッセージ制御部の詳細な構成を示す図

